

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-4880

(43)公開日 平成8年(1996)1月12日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
F 16 H 53/02	A			
C 21 D 1/10	H			
9/30	Z			
	A			
F 01 L 1/04	E			

審査請求 有 請求項の数10 書面 (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平7-175328  
(22)出願日 平成7年(1995)6月8日  
(31)優先権主張番号 P 4 4 2 0 0 9 2. 7  
(32)優先日 1994年6月9日  
(33)優先権主張国 ドイツ (DE)

(71)出願人 591010642  
メルセデス-ベンツ・アクチエンゲゼルシ  
ヤフト  
MERCEDES-BENZ AKTIE  
NGESELLSCHAFT  
ドイツ連邦共和国シュトゥットガルト-ウ  
ンテルテュルクハイム・メルセデスシュト  
ラーセ136  
(72)発明者 グスタフ・ハーニツシユ  
ドイツ連邦共和国ホツホドルフ・レルヒエ  
ンヴェーク28  
(74)代理人 弁理士 中平 治

最終頁に続く

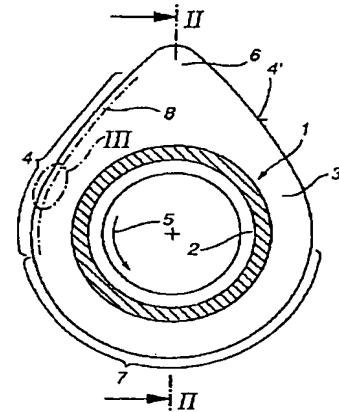
(54)【発明の名称】 誘導硬化されるカムを持つ組立てカム軸及びカムの誘導硬化方法

(57)【要約】 (修正有)

【目的】 長い寿命のカム軸を提供する。

【構成】 組立てカム軸1は、機械的予荷重を受けて管状軸本体上に固定されるほぼ環状のカム板3を含み、このカム板は固定前にその外周を誘導で表面層硬化される。少なくとも約0.5 mmの深さの表面に近い表面区域に、硬化により少なくとも-450 N/mm<sup>2</sup>の大きい内部圧縮応力が発生され、軸本体上へのカム板の取付け後も、依然として少なくとも-150 N/mm<sup>2</sup>の内部引張り応力が存在するように、表面層硬化が行われる。第1段階で、カム板に中間周波の磁界を印加して、カム板の環本体の全体を少なくとも250 °Cただし変態温度以下に予熱する。続いてカム板に、第1段階の交番磁界とは強さ又は周波数の異なる交番磁界を印加し、それにより表面区域のみを変態温度又はそれ以上に加熱後、急冷する。

Fig. 1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 軸本体上に固定する前に硬化されるほぼ環状のカム板を軸本体上に機械的予荷重をかけて固定されるカム軸において、カム板(3)がその外周を誘導で表面層硬化され、表面に近い硬化表面区域(8)に硬化により生ずる内部圧縮応力(11)が大きく、それにより、軸本体(2)上にカム板(3)を取付けた後、取付けにより表面区域(8)に生じて重複される内部引張り応力(13)が最初の内部圧縮応力(11)を一部だけ補償し、即ち表面に近い表面区域(8)に取付けも依然として内部圧縮応力(9)のみが存在することを特徴とする、誘導硬化されるカムを持つ組立てカム軸。

【請求項2】 内部圧縮応力(9)を持つ表面区域(8)の深さ(t)が、カム板(3)を取付けた状態で少なくとも約0.5mmであることを特徴とする、請求項1に記載のカム軸。

【請求項3】 カム板(3)を取付けた状態で表面区域(8)の内部圧縮応力(9)が、材料記号100Cr6の鋼に対して少なくとも約-50N/mm<sup>2</sup>であるか、又は材料記号Cf53の鋼に対して少なくとも約-150N/mm<sup>2</sup>であり、ここで数値のマイナス符号は圧縮を表すことを特徴とする、請求項1に記載のカム軸。

【請求項4】 カム板(3)の中心穴(3)の内側面(15)の範囲で、組織に影響を受けない表面層(16)の半径方向深さ(T)が少なくとも約2mmであることを特徴とする、請求項1に記載のカム軸。

【請求項5】 ほぼ環状に構成されて硬化後軸本体上に機械的予荷重をかけて固定可能な組立てカム軸用カム板の外周を誘導で表面層硬化する際、硬化すべき表面区域でカム板を、回転により、交流を印加可能な環状誘導子により回転軸線に対して同心的に発生される交番磁界中で、工作物中に誘導される交番渦電流により変態温度に加熱し、続いて外部急冷媒体により急冷して、カム板を表面層硬化する方法において、カム板(3)の表面区域(8)に充分大きい内部圧縮応力(9)を発生するため、加熱を2段階で行い、

第1の段階で、中間周波交番磁界をカム板(3)へ印加することにより、カム板(3)の環本体を少なくとも250°Cただし最高でも変態温度(19)以下にある限界温度(18)に予熱し、続いて第2の段階で、第1の段階の交番磁界とは強さ及び周波数の異なる第2の交番磁界をカム板(3)へ印加することにより、予熱されたカム板(3)の半径方向外方にある表面区域(8)を、変態温度(19)又はそれより上にある温度(20)まで加熱することを特徴とする、カムの誘導硬化方法。

【請求項6】 第2の交番磁界として高周波交番磁界を使用することを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項7】 交番磁界の中間周波として約10kHzの範囲にある周波数を使用し、交番磁界の高周波として

約200kHzの範囲にある周波数を使用することを特徴とする、請求項6に記載の方法。

【請求項8】 第2の交番磁界として中間周波の交番磁界を使用することを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項9】 少なくとも約0.5mmの硬化深さ(t)に硬化することを特徴とする、請求項5に記載の方法。

【請求項10】 まだ単独で存在するカム板(3)の表面区域(8)における内部圧縮応力(11)が材料記号100Cr6の鋼に対して少なくとも約-450N/mm<sup>2</sup>であるか、又は材料記号Cf53の鋼に対して少なくとも約-550N/mm<sup>2</sup>であり、ここで数値のマイナス符号は圧縮を表すことを特徴とする、請求項5に記載の方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、なるべく管状の軸本体上に固定する前に硬化されるほぼ環状のカム板を軸本体上に機械的予荷重をかけて固定される、誘導硬化されるカムを持つ組立てカム軸、及びほぼ環状に構成されて硬化後軸本体上に機械的予荷重をかけて固定可能な組立てカム軸用カム板の外周を誘導で表面層硬化する際、硬化すべき表面区域でカム板を、回転により、交流を印加可能な環状誘導子により回転軸線に対して同心的に発生される交番磁界中で、工作物中に誘導される交番渦電流により変態温度に加熱し、続いて外部急冷媒体により急冷して、カム板を表面層硬化する、カムの誘導硬化方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 燃料消費及び有害放出物を少なくするための内燃機関の開発の過程において、機関の開発者は、一層鋭いカム即ち急峻に上昇するカム及びローラを持つカム從節をますます採用しており、それにより特に側面範囲におけるカムの荷重が大きくなる。大きいカム荷重は少なくともカムに対して一層よい材料を必要とする。高級なカム材料及び軸本体用の通常の機械用鋼は、カム軸の複合構造いわゆる組立てカム軸となり、この組立てカム軸は、完全に高級な材料から成る鍛造カム軸又は铸造カム軸に対する価格上の利点のほかに、重量上の利点も与える。

【0003】 ドイツ連邦共和国特許第3717190号明細書から公知の組立てカム軸では、焼結されたカム板が管状軸本体上へ軸線方向に押しあはれ、回転方向に付加的にかみ合いで固定され、このかみ合いは押しあはにより自動的に行われる。軸本体上におけるカム板の固定のため、この固定に關係する軸線方向位置で軸本体の周囲に、カム板の幅に相当する長さで、周囲溝がロールにより形成されて、軸本体の有効外径を局部的に適当に大きくする。この直径を大きくされたカム座上へ、続い

てカム板が所望の周方向位置で軸線方向に押しされられる。カム板は焼結成形体として構成されているので、製造過程に基因する小さい穴と材料中断箇所を含み、交番荷重を受けると高いヘルツの圧力によりカムの寿命が不利な影響を受ける。この点を別としても、焼結成形体は、むく材料から成る工作物に比較して、製造過程により高価である。即ち比較的複雑な形状を製造せねばならない場合にのみ、焼結法による成形体の製造は有利であるが、カム板ではこの利点は生じない。

【0004】従つて荷重及び摩耗の理由から外周全体を誘導で表面層硬化される鋼カム板が採用されるようになつてゐる。即ち長い使用期間後も穴あきカム板が遊隙なく管状軸本体上に固着しているようにするため、カム板は軸本体上へはまる穴の内面まで一貫して硬化されるのではなく、延性のある軸本体のほかに、カム板の内面もある程度の可塑性を持つているようとする。しかしカム板のこの表面層硬化は、カム板を軸本体上に取付けた後に行つてはならない。そうしないと、固定的に付着する付着結合が、熱処理により許されないようにゆるんでしまうからである。外周を表面層硬化されるカム板の押しさめ又はその他の摩擦による固定、場合によつてはかみ合いによる固定によつて、環状のカム板に引張り応力が生じ、従来のように誘導で硬化されるカム板では、同様に引張り応力を生ずる使用中の荷重が加わることにより、材料の疲れ強度の近くにある引張り応力が全体として生じて、容易に表面亀裂の原因となり、極端な場合カム板の環が引き裂かれることになる。従つて外周を誘導で表面層硬化されるカム板を持つ、最初にあげた種類の組立てカム軸は、出願人の知るところによれば、今まで内燃機関のため大量使用では、少なくとも乗用車に必要な軽量構造では、また少なくとも大きい面圧を持つ使用条件例えはローラタベットでは、価値を認められなかつた。

【0005】同様にドイツ連邦共和国特許第3717534号明細書に示されている組立てカム軸では、局部的に適当に加えられる液体の内圧により軸管が広げられて、内側に予荷重を受けてカム板の内側へ押付けられる。その際カム板はできるだけ弾性的にのみ変形するようとする。軸管からの液圧除去後、カム板が半径方向へ弾性的に戻つて、可塑的に広げられた軸管上に固定的に付着する。カム板は軸管上への固定前に既に十分に仕上げ加工されている。場合によつては取付け後にも研磨加工を行うことができる。特にカム板は取付け前に外周を既に硬化されている。この刊行物は、以前の刊行物に関連して、カムの硬化される表面が弾性変形の際亀裂を形成し易いと述べている。従つてこの亀裂形成の危険を回避するため、軸管上へのカムの固定範囲及び本来のカム本体を軸線方向に互いに引離し、固定範囲を半径方向に可撓的に構成し、本来のカム範囲を半径方向に剛的に構成することが提案される。しかし大抵の場合のよう

に、非常に小さい相互軸線方向間隔でカムを軸管上に取付けねばならない時には、組立てカム軸のこの構成は役に立たない。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の課題は、最初にあげた種類のカム軸を改良して、カム軸又はカム板の実際に使用可能な寿命を期待できるようにすることである。更に本発明の課題は、最初にあげた種類の誘導表面層硬化方法と同じ方向に改良することである。

10 【0007】

【課題を解決するための手段】この課題を解決するため、最初にあげた種類のカム軸に関して本発明によれば、カム板がその外周を誘導で表面層硬化され、表面に近い硬化表面区域に硬化により生ずる内部圧縮応力が大きく、それにより、軸本体上にカム板を取付けた後、取付けにより表面区域に生じて重複される内部引張り応力が最初の内部圧縮応力を一部だけ補償し、即ち表面に近い表面区域に取付けも依然として内部圧縮応力のみが存在する。またカム軸の硬化方法に関して本発明によれば、カム板の表面区域に充分大きい内部圧縮応力を発生するため、加熱を2段階で行い、第1の段階で、中間周波交番磁界をカム板へ印加することにより、カム板の環本体を少なくとも250°Cただし最高でも変態温度以下にある限界温度に予熱し、続いて第2の段階で、第1の段階の交番磁界とは強さ及び周波数の異なる第2の交番磁界をカム板へ印加することにより、予熱されたカム板の半径方向外方にある表面区域を、変態温度又はそれより上にある温度まで加熱する。

【0008】

30 【発明の効果】本発明によるカム軸の構成の利点は、出願人の知見によれば、取付けられるカム板の硬化される表面区域に残る内部圧縮応力のみによつて、カム軸が是認できる寿命を持つことである。本発明による硬化方法によつて、寿命を根拠づける大きい内部圧縮応力を硬化の際生ずることができる。強度の問題の驚くべき解決策は、押しさめ後にも表面に近い所に内部圧縮応力を強制することである。これは、押しさめ前に僅かな硬化深さで極めて大きい内部圧縮応力となるように誘導硬化を行うことによつて、行うことができる。従つて取付けにより生ずる引張り応力は、硬化の際ににおける適當な大きさの内部圧縮応力のいわばゆとりによつて、過度に補強されねばならない。薄い表面層の硬化の際ににおける特に大きい内部圧縮応力は、誘導硬化の際全断面予熱とそれに上乗せされる本来の誘導表面層硬化とを伴う2段階加熱によつて得られる。内部圧縮応力の大きさは、約5μmまでの深さの薄い表面層においては、破壊することなしにX線写真で求めることができる。この方法及びその取扱いは全く簡単ではないが、ずっと以前から公知である。これに関する文献として次の刊行物があげられる。

50 E. Macherlauch, P. Mueller: Da

s  $\sin^2 \psi$ -Verfahren der roentgenographischen Spannungsmessung. Zeitschrift fuer angewandte Physik 13 (1961), Seiten 305-312. Buch: Eigenspannungen und Lastspannungen. Herausgeber: V. Hauk, E. Macherauch, Carl Hanser Verlag, Muenchen, Wien (1982). B. Scholtes: Roentgenographische Spannungsermittlung, ihre Grundlagen und Anwendungen. in der Buch-Veroeffentlichung: Roentgen- und Elektronenbeugung, 65-85, Herausgeber S. Steeb, Reihe Kontakt und Studium. Band 144, expert Verlag, Sindelfingen (19xx). A Useful Guide for X-Ray Stress Evaluation. In: Advances in X-Ray Analysis 27 (1984) Seiten 81-99, Plenum Publishing Corp., Residual Stresses in Science and Technology. Herausgeber: E. Macherauch, V. Hauk, DGM-Informationsgesellschaft, Oberursel (1987).

【0009】深さに関する内部応力の変化を求めるようすれば、測定箇所において少なくとも局部的に、例えば電気化学的腐食過程により、表面を機械的に反作用なしに層状に除去し、その間に各層について、露出した表面に存在する内部応力をX線写真で求めなければならない。従つて深さに関する内部応力の変化は破壊によつてのみ求めることができる。

【0010】本発明の好適な構成は従属請求項からわかる。更に図面に示されている実施例に基いて、本発明を以下に説明する。

【0011】

【実施例】図1及び2には、組立てカム軸1が部分的に示されている。このカム軸1は、管状の軸本体2を含み、この軸本体上に複数のほぼ環状のカム板3と図示しない支持板とが固定されている。もちろんカム板は、所定の周方向箇所及び所定の軸線方向箇所で軸本体上に固定されねばならない。これは適当な補助装置によつて行われる。固定のやり方は本発明にとつて二次的な意義しか持たない。重要なことは、カム板が永続する機械的な予荷重を受けて軸本体上に固定されることであり、カム板の穴の内側におけるかみ合いにより、固定を援助する

ことができる。図1及び2に示す結合技術では、管状軸本体の高い内圧による拡管が行われ、その際まず円筒状の管が、軸線方向に限られた区域で高い内圧により広げられ、カム板1の穴14の内側面15へ、機械的残留応力を受けて押付けられる。もちろん他の結合技術、例えば上述したドイツ連邦共和国特許第3710190号明細書に示されているように、周囲溝付けによる軸本体の先行する局部的に適当な拡管と、それに続くカムの軸線方向押しはめとによる方法も使用可能である。軸線方向に延びる溝又は突起が穴14の内側面15に設けられている場合、広げられる管壁はこれらの溝又は突起の間へ入り込み、付加的に軸本体とカム板とのかみ合いを行うことになる。管状軸本体2とほぼ環状のカム板3との間の機械的残留予荷重は、接線方向に向く引張り応力を軸本体2に生じ、この引張り応力はカム軸の全寿命にわたつて維持される。どんな理由でも機械的予荷重が減少するようなことがあると、取付けられるカム板が、周方向にカムの交番負荷を受けて、管状軸本体上でゆるみ、カム板と軸本体との間に遊びが生ずる危険がある。その場合合併操作とピストン行程との精確な位相の対応関係がもはやなくなるので、これは非常に危険である。このような場合往復ピストンが開かれるガス交換弁に衝突して、機関の全体損傷を非常に速やかにひき起すという、非常に大きい危険と確率が生ずる。従つて充分大きい付着力で軸本体上にカム板を永続的に固定することは重要である。これは、環状カム板本体内で接線方向に向く永続的な引張り応力と、管状軸本体内にそれに応じた永続的な圧縮応力を必要とする。

【0012】他方ころがり及び滑りの負荷と大きいヘルツの圧力によるカムの運動負荷は、カムの外周における大きい硬さのみならず、本発明の知見に基いて内部圧縮応力も必要とする。充分な硬さも充分大きい内部圧縮応力もカムの外周に存在する時にのみ、組立てカム軸の満足できる寿命が得られる。更に大きい硬さがカム板又は支持板の外周区域のみに限られ、これに反しカム板3の中心穴14の内側面15の近くの半径方向内方範囲は、組織に影響を受けず、即ち鋼の最初に与えられる比較的小さい硬さを維持することが重要である。この表面層16の半径方向深さTは少なくとも約0.5mmであるようとする。しかし本発明による硬化方法では、この軟らかい内側表面層の深さは、大抵の場合上記の値より著しく大きくなる。カム板の内側の軟かいことの理由は、相互接觸面において軸本体にもカム板にも延性があると、交番負荷を受ける場合も、カム板が内側で硬くて延性をもはや持たない状態に比較して、予荷重が一層よくかつ永続的に維持されることにある。

【0013】カム板及び支持板用の材料として、高い摩耗強度の硬化可能な鋼例えば軸受鋼が考えられる。この場合特に材料記号100Cr6を持つ鋼が考えられ、この鋼は1%の炭素及び約1.5%のクロムを含む特殊鋼

を意味する。同様に適当な他の鋼は、平均して約0.53%の炭素を含む誘導硬化可能な鋼である材料記号C f 53を持つている。

【0014】このような鋼からカム板を製造できるようするため、カム板の輪郭にほぼ一致する断面を持つ圧延鋼から出発することができる。このような輪郭のむく材料から、よくとがらされた切断縁を持つならないせん断機により幅の狭い板がせん断され、このようにして製造された素材に、穴あけ過程により中心穴14があけられる。せん断された板は、修正プレスでの塑性修正過程によつて、平らで滑らかな押圧面の間で、肉厚を目標寸法にされ、かつ目標表面品質及び平面度にされる。内側面15の精確な輪郭は、プローチによる切削プローチ過程によつて形成することができる。外周の粗加工もプローチ過程で行うことが考えられる。このような素材の内部応力を除去し、更に取付けにとつて最適な組織及び少なくとも $650\text{ N/mm}^2$ の充分な材料強度を得るために、素材が赤熱され、徐々に再び冷却される。続いてカム板は、2段階加熱を伴う本発明による誘導硬化方法によつて、外周を表面層硬化され、硬化される区域に大きい内部圧縮応力が残るようになる。このように硬化されるカム板は、管状軸本体に取付けられ、それから組立てられる粗カム軸は、カム面及び支持面の研摩により仕上げ加工される。この場合特に立方晶窒化硼素を含む研摩体いわゆるCBN研摩盤を使用する研摩が考えられ、研摩中強力な冷却により、比較的多い削除率で低い温度を維持することができる。バラメータ設定の目的は、カム板の誘導硬化の際生ずる大きい内部圧縮応力が研摩により低下されないようにすることである。研摩板と工作物との直接の接触範囲及び工作物の表面に近い表面区域における微視的温度は、大きい内部圧縮応力を維持するため、研摩中に特定の温度を超過してはならない。これは研摩のための方法最適化により経験的に求めねばならない。研摩の際のバラメータの適当な選択により、非常に薄い表面区域における内部圧縮応力を高めることも可能である。

【0015】本来のカム軸及び硬化方法に立入る前に、まず図6及び7に関して、取付けられるカム板における引張り応力の現象を説明する。図6に示すカム軸の実施例では、意識的に硬化されないカム板17が管状軸本体2上に取付けられている。収縮により、カム板の組織的に一様な断面に、半径方向に第1近似で一定な引張り応力13が生ずる。この引張り応力の大きさは、カム板の中心穴の内側面と管状軸本体の外壁との間の半径方向相互押圧によつて生ずる。逆に軸本体には、同様にこの結合により生ずる圧縮応力が存在する。軸本体の圧縮応力とカム板17の引張り応力13は、工作物部分の断面積をそれぞれ考慮して、ちょうど互いに平衡している。引張り応力13の大きさは、硬化されないカム板の基礎円7の範囲で約 $200\text{ N/mm}^2$ 、カム側面の範囲では、

荷重負担断面が大きいため、この引張り応力はもちろん小さく、カム自体の範囲では平均して約 $100\text{ N/mm}^2$ の引張り応力が仮定される。この引張り応力は、カム板の本発明による硬化によつて外周に存在する内部圧縮応力に重疊されるので、そこに存在する内部圧縮応力は適当な値だけ減少される。このため、カム板の取付け状態でも依然として内部圧縮応力が外側表面区域8に残るようにするため、カム板の取付けられない状態で適当に大きい内部圧縮応力を許容せねばならない。

【0016】個々のカム板の硬化を図4及び5について以下に説明する。穴14を持つカム板3はカム頂部6を持ち、このカム頂部の上昇するカム側面4は運転回転方向5によりきまつており、他方のカム側面は下降カム側面4'である。カム頂部の反対側にいわゆる基礎円7が設けられ、この基礎円においてカム板は子午線断面で一定の断面積を持つている。カム頂部及び基礎円の外全周に沿つて、少なくとも約 $0.5\text{ mm}$ ただし好ましくは約 $1\text{ mm}$ の深さtを持つ硬化表面層8が生ずるようになる。既に述べたように、カム板は全体を硬化されてはならず、むしろ穴14の内側面15の範囲には、組織に影響を受けず鋼の最初の小さい硬さ及び適当な延性を持つ少なくとも $2\text{ mm}$ の深さTの内側表面層16が残るようにならねばならない。外側の表面層8は硬いだけでなく、とりわけ大きい内部圧縮応力を持つているようになる。しかもまだはめられてないカム板の表面区域8における内部圧縮応力11は、押しまめにより生ずる引張り応力13の重疊後に残つている内部圧縮応力9がなお特定の最小値を持つ程度に、大きくなければならない。しかもこの残つている内部圧縮応力9の最小値は、材料記号100Cr6の鋼に対しては $-50\text{ N/mm}^2$ 、材料記号C f 53の鋼に対しては $-150\text{ N/mm}^2$ である。ここでマイナス符号は、上記の内部応力値において圧縮を意味している。表面区域8に適当な大きさの内部圧縮応力11を形成することができるようするため、この表面区域の半径方向内方にある層に、適当な大きさの内部引張り応力12を形成せねばならない。このカム板には外力が作用してないので、内部圧縮応力の範囲及び内部引張り応力の範囲についての積分は、図4によるまだ取付けられないカムにおいて、全体として零にならねばならない。

【0017】カム板又は支持板の外周の誘導表面層硬化のため、原理的に公知で普及している誘導硬化方法が使用される。その際交流を印加可能な環状誘導子により発生される回転対称な交番磁界中で、カム板が回転せしめられる。工作物中に誘導される交番渦電流のため、カム板が硬化すべき表面区域を加熱されて、変態温度にされる。続いて水性外部急冷媒体を使用する急冷により、熱により変態した組織が“凍結”され、それにより表面層硬さが生ずる。

【0018】このような原理的に公知の硬化方法から出

発して、カム板の表面区域8に充分大きい内部圧縮応力を発生するため、本発明によれば加熱が2段階で行われる。第1の段階では、カム板が約10kHzの範囲にある中間周波交番磁界を印加され、カム板の環本体が、少なくとも250°Cただし最高でも変態温度19以下の限界温度に加熱される。図8には、図4の部分VIIIによる半径線に沿うカム板の予熱段階における半径方向温度プロファイルが、破線18により示されている。温度は外側から内側へ低下する。外周における最高温度は、この加熱段階即ち予熱段階では、最高でも変態温度19まで達するか、又はこれを僅か超過してもよい。他方半径方向内方にある範囲でも、穴の内側面15の近くで少なくとも250°Cが得られるようにする。断面全体のこの予熱によつて、カム板が熱的に広げられる。中間周波交番磁界の使用により、更に内側にある断面部分へも達する渦電流のある程度の深さ効果が得られる。すぐに続いて第2の段階において、約200kHzの範囲にある高周波交番磁界がカム板に印加される。この高周波磁界は非常に僅かな深さ効果しか持たないので、それにより生ずる加熱は表面に近い表面区域に限られる。予熱段階の温度プロファイル上に上載せられる第2の加熱段階の温度曲線20は、図8に点線で示されている。第2の加熱段階により、表面区域8における変態温度19が所望の深さTの所で超過される。原理的には、第2の加熱段階中に、中間周波交番磁界で加熱することも可能であり、これは特に硬化すべき深さの値が大きい場合に有利である。いずれの場合もそれに続く急冷によつて、この区域のみが硬くなり、それに反し内側範囲は軟らかいままである。硬い組織から熱的に影響を受けない組織への移行は滑らかな曲線であるが、定義により硬い所と軟らかい所との間に限界を定めることができる。すべてがまだ硬く、これは外表面における硬さの少なくとも80%を持つというように、しばしば規定される。硬化される表面区域8の深さtは、前述したようになるべく少なくとも1mmであるようとする。この表面区域の深さに加えて、この表面区域に大きい内部圧縮応力が存在することが特に重要である。この内部圧縮応力は、2段階加熱後に、第1の加熱段階でカム板が熱的に広げられたことによつて、現われる。この広げは急冷後に戻るので、カム板の急冷による収縮によつて、外側区域に所望の大きい内部圧縮応力が形成される。例えば硬化後ただしカム板の収縮前に、材料100Cr6から成るカム板における接線方向内部圧縮応力11は、約-450ないし-460N/mm<sup>2</sup>の範囲にある。表面区域8の半径方向内側

には、それに応じた大きい内部引張り応力が形成されることになる。材料記号Cf53の鋼では、表面区域の範囲になお著しく大きい内部圧縮応力11を発生せねばならない。この場合カム板の収縮前における内部圧縮応力はもつと大きい所にあり、即ち-550ないし-850N/mm<sup>2</sup>でなければならない。

【0019】本発明により硬化されて表面区域8に大きい内部圧縮応力を持つカム板3又は支持板の取付けによつて、取付けにより生ずる引張り応力13が内部圧縮応力11に重畠される。しかしいかなる場合も、取付け後でも依然として内部圧縮応力9が表面区域8に残るほど、内部圧縮応力11が大きい。もちろん表面区域8の下に、収縮後も依然として、取付けにより生ずる引張り応力10が残る。

【0020】カムの本発明による構成及び本発明による誘導硬化方法によつて、組立てカム軸を長い寿命かつ僅かな重量でしかも少ない製造費及び材料費で製造することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図2の切断線I-Iに沿う組立てカム軸の断面図である。

【図2】図1の切断線II-IIに沿うカム軸の断面図である。

【図3】図1の部分IIIにおける硬化深さと表面に近い範囲の深さにおける接線方向内部応力の変化とを示す図である。

【図4】取付けに先立つて硬化されるカム板の正面図である。

【図5】図4の部分Vにおける硬化深さと表面に近い範囲の深さにおける接線方向内部応力の変化とを示す図である。

【図6】管状軸本体上へ収縮せしめられるがまだ硬化されないカム板の正面図である。

【図7】図6の部分VIにおける表面に近い範囲の接線方向引張り応力の変化を示す図である。

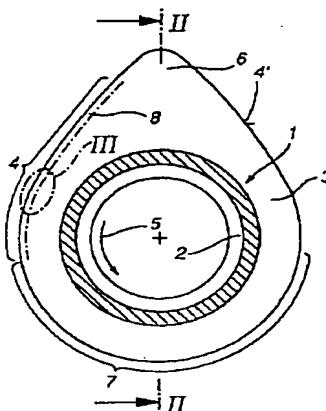
【図8】図4の部分VIIIにおいて誘導硬化の際カム板に存在する温度変化を半径線に沿つて示す図である。

#### 【符号の説明】

1	カム軸
2	軸本体
3	カム板
8	表面区域
9, 11	内部圧縮応力
13	内部引張り応力

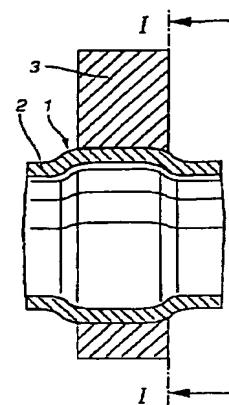
【図1】

Fig. 1



【図2】

Fig. 2



【図3】

Fig. 3

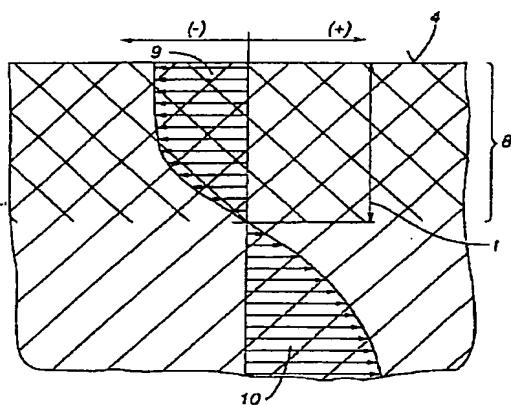
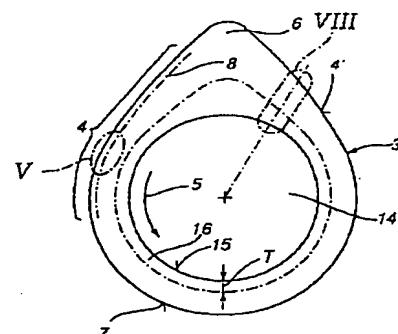


Fig. 4



【図5】

Fig. 5

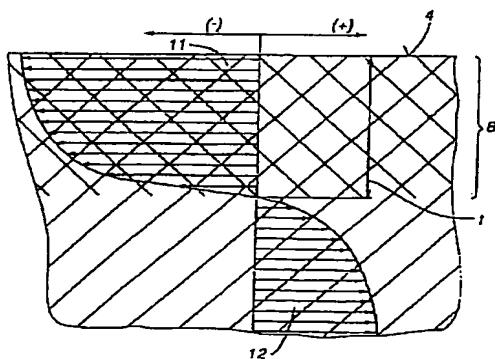
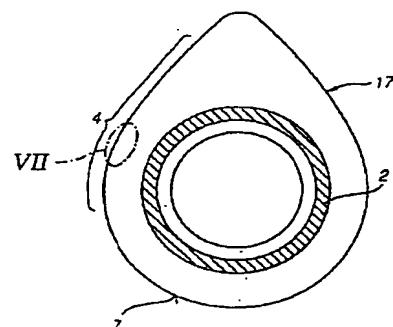
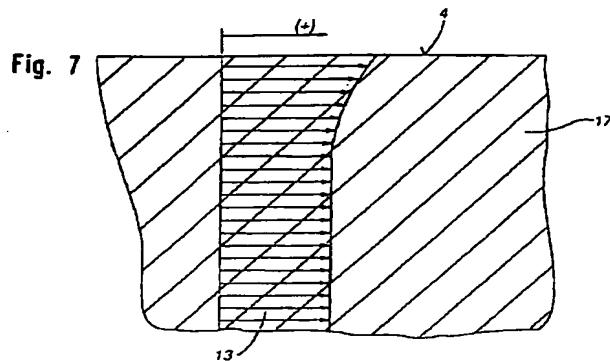


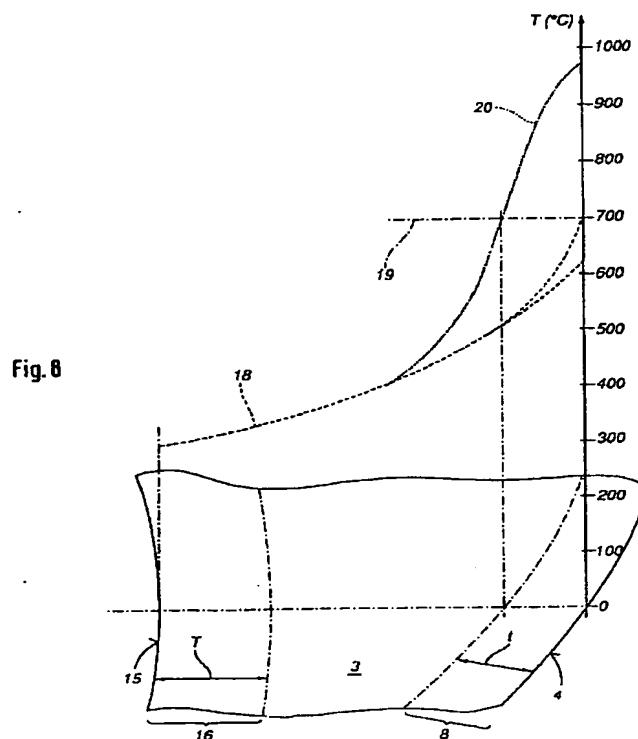
Fig. 6



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(72)発明者 クリストフ・デュル  
ドイツ連邦共和国コルンタール・ノイハル  
デンシュトラーセ12